

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-043215

(43)Date of publication of application : 08.02.2002

(51)Int.Cl.

H01L 21/027
G03F 7/38

(21)Application number : 2000-228796

(71)Applicant : SHARP CORP

(22)Date of filing : 28.07.2000

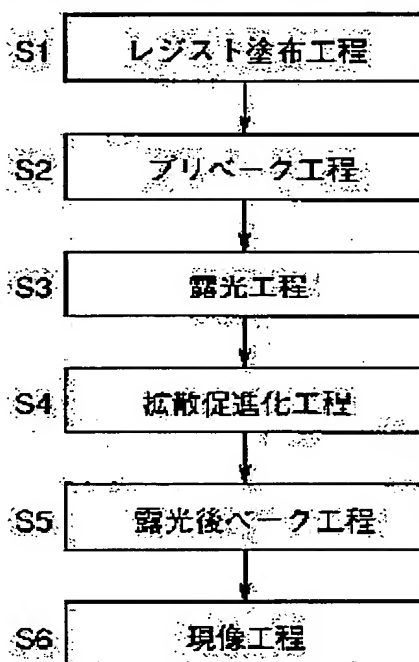
(72)Inventor : MORI SHIGEYASU

(54) METHOD FOR FORMING RESIST PATTERN, SEMICONDUCTOR MANUFACTURING APPARATUS, SEMICONDUCTOR DEVICE, AND PORTABLE INFORMATION TERMINAL

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for forming a resist pattern by which a high-density resist pattern the line width of which can be controlled excellently on the surface of a wafer and between wafers can be formed, a semiconductor manufacturing apparatus a semiconductor device, and a portable information terminal.

SOLUTION: In the method for forming resist pattern in which exposure is performed in a vacuum or a dry atmosphere, a resist is applied to a substrate in a resist applying step S1 and, after applying the resist, the substrate is pre-baked in a pre-baking step S2. Then, after the resist film on the pre-baked substrate is exposed in an exposing step S3, the performance stability of the resist is improved by promoting the diffusion of exposure products in the resist film in a diffusion promoting step S4. After the promoting step S4, the substrate is baked in a baking step S5 and the resist film is developed in a developing step S6.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-43215

(P2002-43215A)

(43) 公開日 平成14年2月8日 (2002.2.8)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームコード* (参考)
H 0 1 L 21/027		G 0 3 F 7/38	5 0 1 2 H 0 9 6
G 0 3 F 7/38	5 0 1		5 1 1 5 F 0 4 6
	5 1 1		5 1 2
	5 1 2	H 0 1 L 21/30	6 6 8

審査請求 未請求 請求項の数19 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2000-228796(P2000-228796)

(22) 出願日 平成12年7月28日 (2000.7.28)

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 森 重恭

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内

(74) 代理人 100062144

弁理士 青山 稔 (外1名)

Fターム(参考) 2H096 AA25 AA30 DA01 DA10 EA27

FA01 FA03 FA04 FA10 HA23

KA15 KA19

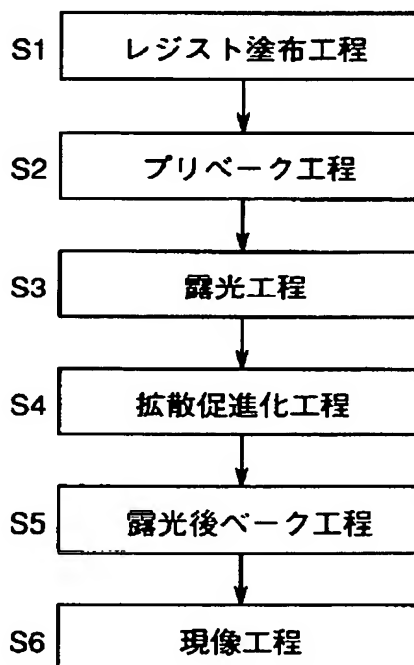
5F046 AA17 JA22 KA04 LA18

(54) 【発明の名称】 レジストパターン形成方法および半導体製造装置および半導体装置および携帯情報端末

(57) 【要約】

【課題】 ウェハ面内、ウェハ間の線幅制御性の良好な高密度レジストパターンを形成できるレジストパターン形成方法および半導体製造装置および半導体装置および携帯情報端末を提供する。

【解決手段】 真空中または乾燥雰囲気下で露光するレジストパターン形成方法において、レジスト塗布工程S1で基板にレジストを塗布し、レジスト塗布後にプリベーク工程S2で基板をプリベークする。次に、プリベークされた基板のレジスト膜を露光工程S3で露光した後、拡散促進工程S4により露光後にレジスト膜中の露光による生成物の拡散を促進することにより、レジスト性能の安定性が向上する。そして、拡散促進工程S4の後に露光後ベーク工程S5で基板をベークして、現像工程S6によりレジスト膜を現像する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上にレジストを塗布するレジスト塗布工程と、

上記レジスト塗布工程後に上記基板をブリベークすることによりレジスト膜を形成するブリベーク工程と、

上記ブリベーク工程後に上記レジスト膜を露光する露光工程と、

上記露光工程後に上記レジスト膜中の露光による生成物の拡散を促進する拡散促進化工程と、

上記拡散促進化工程後に上記基板をベークする露光後ベーク工程と、

上記露光後ベーク工程後に上記レジスト膜を現像する現像工程とを有することを特徴とするレジストパターン形成方法。

【請求項2】 請求項1に記載のレジストパターン形成方法において、

上記ブリベーク工程後に上記レジスト中の残留溶媒を除去する残留溶媒除去工程を有することを特徴とするレジストパターン形成方法。

【請求項3】 基板上にレジストを塗布するレジスト塗布工程と、

上記レジスト塗布工程後に上記基板をブリベークすることによりレジスト膜を形成するブリベーク工程と、

上記ブリベーク工程後に上記レジスト膜の上部にレジスト中の残留溶媒の拡散を防止する拡散防止膜を形成する拡散防止膜形成工程と、

上記拡散防止膜形成工程後に上記レジスト膜を露光する露光工程と、

上記露光工程後に上記基板をベークする露光後ベーク工程と、

上記露光後ベーク工程後に上記レジスト膜を現像する現像工程とを有することを特徴とするレジストパターン形成方法。

【請求項4】 請求項1または2に記載のレジストパターン形成方法において、

上記露光後ベーク工程後かつ上記現像工程前に上記レジスト膜をシリル化するシリル化工程を有し、

上記現像工程において上記レジスト膜をドライ現像することを特徴とするレジストパターン形成方法。

【請求項5】 請求項3に記載のレジストパターン形成方法において、

上記露光後ベーク工程後に上記拡散防止膜を除去する拡散防止膜除去工程と、

上記拡散防止膜除去工程後かつ上記現像工程前に上記レジストをシリル化するシリル化工程とを有し、

上記シリル化工程後の上記現像工程において上記レジスト膜をドライ現像することを特徴とするレジストパターン形成方法。

【請求項6】 請求項1乃至3のいずれか1つに記載のレジストパターン形成方法において、

上記レジスト塗布工程において異なる2種類のレジストを順に下層と上層とに分けて塗布し、

上記現像工程において上記レジスト膜の上層をウェット現像した後に上記レジスト膜の下層をドライ現像することを特徴とするレジストパターン形成方法。

【請求項7】 請求項1に記載のレジストパターン形成方法において、

上記拡散促進化工程において上記基板を上記レジストの溶媒雰囲気下で保持することを特徴とするレジストパターン形成方法。

【請求項8】 請求項1に記載のレジストパターン形成方法において、

上記拡散促進化工程において上記基板を水洗するかまたは上記基板を水蒸気雰囲気下で加熱することを特徴とするレジストパターン形成方法。

【請求項9】 請求項2に記載のレジストパターン形成方法において、

上記残留溶媒除去工程において上記基板を上記レジストの溶媒の沸点以上の温度で加熱することを特徴とするレジストパターン形成方法。

【請求項10】 請求項2に記載のレジストパターン形成方法において、

上記残留溶媒除去工程において上記基板を減圧下で保持することを特徴とするレジストパターン形成方法。

【請求項11】 請求項2にレジストパターン形成方法において、

上記残留溶媒除去工程において上記基板を減圧下で加熱することを特徴とするレジストパターン形成方法。

【請求項12】 請求項1乃至11のいずれか1つに記載のレジストパターン形成方法において、

上記露光工程において真空中または乾燥雰囲気下で上記レジスト膜を露光することを特徴とするレジストパターン形成方法。

【請求項13】 請求項12に記載のレジストパターン形成方法において、上記レジスト膜が真空中で露光される上記露光工程であって、 10^{-4} Torr以下の真空中で露光することを特徴とするレジストパターン形成方法。

【請求項14】 請求項12に記載のレジストパターン形成方法において、

上記レジスト膜が乾燥雰囲気下で露光される上記露光工程であって、不活性ガスによる乾燥雰囲気下で露光することを特徴とするレジストパターン形成方法。

【請求項15】 請求項1乃至14のいずれか1つに記載のレジストパターン形成方法において、

上記基板に塗布するレジストとして、露光後にベークする必要のあるレジストを用いることを特徴とするレジストパターン形成方法。

【請求項16】 請求項7に記載のレジストパターン形成方法の拡散促進化工程において、上記基板が保持されたウェハ保持チャンバー内に上記レジストの溶媒を導入

する半導体製造装置であって、不活性ガスをキャリアガスとして用いることを特徴とする半導体製造装置。

【請求項17】 請求項7に記載のレジストパターン形成方法の拡散促進化工程において、上記基板が保持されたウェハ保持チャンバー内に上記レジストの溶媒を導入する半導体製造装置であって、上記ウェハ保持チャンバーを真空にし、上記レジストの溶媒をその溶媒の蒸気圧で上記ウェハ保持チャンバー内に導入した後、上記ウェハ保持チャンバー内を一定圧に保持することを特徴とする半導体製造装置。

【請求項18】 請求項1乃至15のいずれか1つに記載のレジストパターン形成方法を用いて製造されたことを特徴とする半導体装置。

【請求項19】 請求項18に記載する半導体装置からなることを特徴とする携帯情報端末。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、レジストを用いて微細パターンニングするレジストパターン形成方法および半導体製造装置および半導体装置および携帯情報端末に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、LSI(大規模集積回路)等の半導体装置において、エッチングマスクの材料としてレジストが広く用いられている。特に、電子機器の多機能化、素子の高度化に伴って高密度化を図るために、短波長化された光や電離放射線、電子線を露光に用いてレジストパターンを微細化するレジストパターン形成方法が提案されている。これらのレジストパターン形成方法における露光では、短波長光、放射線および電子線の線源が大気によって減衰を受けないようにするために、真空中または乾燥雰囲気下で露光する必要がある。

【0003】このような真空中または乾燥雰囲気下で露光するレジストパターン形成方法として、化学増幅型レジストを用いたレジストパターン形成方法が提案されている(特開平7-57997号公報)。この化学増幅型レジストを用いたレジストパターン形成方法では、露光後ベークを行う前のレジスト中の残留溶媒量が、レジストの感度や解像度に影響するために、複数の基板において残留溶媒量が均一となるように制御している。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところが、上記短波長化された光や電離放射線、電子線を露光に用いたレジストパターン形成方法では、真空中(または乾燥雰囲気下)で基板に塗布されたレジストが露光されるため、残留溶媒量が真空中(または乾燥雰囲気下)に基板が保持される保持時間に応じてレジストの感度や解像度が変化すると共に、残留溶媒量は、真空中に基板が保持されているときの真空度(または乾燥の程度)に応じてレジストの感度

や解像度が変化するという問題がある。

【0005】図7、図8は、化学増幅系ポジ型レジストTDUR-P015(東京応化工業株式会社製)を5000rpmで回転塗布し、200nmの膜厚のレジスト膜を形成し、保持時間や真空度を変化させたときの感度の変化を示しており、図7において、横軸は真空中放置時間、縦軸は感度であり、図8において、横軸は真空度、縦軸は感度である。図7に示すように、真空中放置時間が長くなるほど、感度は低くなる。また、図8に示すように、真空度が高い(圧力が低い)ほど、感度が低くなる。これらの傾向は、露光を乾燥雰囲気下で行う場合も同様である。

【0006】さらに、レジスト中に溶媒が残留することによって、真空中で露光を行うときに、溶媒が真空中に拡散したり、露光によりレジスト中に生成された反応生成物が真空中に拡散したりして、露光システムを汚染してしまうという問題がある。この問題は、露光を乾燥雰囲気下で行う場合も同様に起こる。

【0007】さらに、レジスト膜中に残留する水も、溶媒と同様に残留量が感度、解像度に影響する。また、水が真空中(または乾燥雰囲気下)に拡散したり、露光によってレジスト中に生成された反応生成物が真空中(または乾燥雰囲気下)に拡散したりして、露光システムを汚染してしまうという問題がある。

【0008】そこで、この発明の目的は、真空中または乾燥雰囲気下の露光において、レジストの感度、解像度を均一化でき、ウェハ面内、ウェハ間の線幅制御性の良好な高密度レジストパターンを形成でき、露光システムの汚染を防止できるレジストパターン形成方法およびそれを用いた半導体製造装置を提供すると共に、高密度化された半導体装置およびそれを用いた携帯情報端末を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、この発明のレジストパターン形成方法は、基板上にレジストを塗布するレジスト塗布工程と、上記レジスト塗布工程後に上記基板をブリベークすることによりレジスト膜を形成するブリベーク工程と、上記ブリベーク工程後に上記レジスト膜を露光する露光工程と、上記露光工程後に上記レジスト膜中の露光による生成物の拡散を促進する拡散促進化工程と、上記拡散促進化工程後に上記基板をベークする露光後ベーク工程と、上記露光後ベーク工程後に上記レジスト膜を現像する現像工程とを有することを特徴としている。

【0010】上記レジストパターン形成方法によれば、上記露光工程後に上記レジスト膜中の露光による生成物(例えば化学増幅型レジストにおいて露光により発生する酸)の拡散を拡散促進化工程において促進して、レジスト膜中の露光による生成物を拡散させることによって、レジスト性能の安定性が向上し、ウェハ面内、ウェ

ハ間の線幅制御性の良好な高密度レジストパターンを形成できる。

【0011】また、一実施形態のレジストパターン形成方法は、上記ブリベーク工程後に上記レジスト中の残留溶媒を除去する残留溶媒除去工程を有することを特徴としている。

【0012】上記実施形態のレジストパターン形成方法によれば、上記レジスト中の残留溶媒を露光工程の前にあらかじめ除去して、レジスト中の残留溶媒を均一化することによって、レジスト性能の安定性が向上し、ウェハ面内、ウェハ間の線幅制御性の良好な高密度レジストパターンを形成できる。その後の拡散促進工程において、例えば基板を上記レジストの溶媒雰囲気下で保持して、残留溶媒を補充することで、露光による生成物を拡散しやすくする。

【0013】また、この発明のレジストパターン形成方法は、基板上にレジストを塗布するレジスト塗布工程と、上記レジスト塗布工程後に上記基板をブリベークすることによりレジスト膜を形成するブリベーク工程と、上記ブリベーク工程後に上記レジスト膜の上部にレジスト中の残留溶媒の拡散を防止する拡散防止膜を形成する拡散防止膜形成工程と、上記拡散防止膜形成工程後に上記レジスト膜を露光する露光工程と、上記露光工程後に上記基板をベークする露光後ベーク工程と、上記露光後ベーク工程後に上記レジスト膜を現像する現像工程とを有することを特徴としている。

【0014】上記レジストパターン形成方法によれば、上記レジスト上に残留溶媒拡散防止膜を形成することによって、露光中の残留溶媒が真空中(または乾燥雰囲気下)に拡散して露光システムが汚染されるのを防止できる。また、上記残留溶媒拡散防止膜によって露光による生成物が真空中(または乾燥雰囲気下)に拡散するのも防止できる。

【0015】また、一実施形態のレジストパターン形成方法は、上記露光後ベーク工程後かつ上記現像工程前に上記レジスト膜をシリル化するシリル化工程を有し、上記現像工程において上記レジスト膜をドライ現像することによって特徴としている。

【0016】上記実施形態のレジストパターン形成方法によれば、上記露光後ベーク工程後かつ現像工程前に上記シリル化工程によって、レジスト膜の感光した領域をシリル化し、他の領域をドライ現像により除去することによって、線幅制御性の良好なレジストパターンが得られる。

【0017】また、一実施形態のレジストパターン形成方法は、上記露光後ベーク工程後に上記拡散防止膜を除去する拡散防止膜除去工程と、上記拡散防止膜除去工程後かつ上記現像工程前に上記レジストをシリル化するシリル化工程とを有し、上記シリル化工程後の上記現像工程において上記レジスト膜をドライ現像することによって特徴

としている。

【0018】上記実施形態のレジストパターン形成方法によれば、上記露光後ベーク工程後に上記拡散防止膜を拡散防止膜除去工程で除去し、その後、現像工程前に上記シリル化工程によって、レジスト膜の感光した領域をシリル化し、他の領域をドライ現像により除去することによって、線幅制御性の良好なレジストパターンが得られる。

【0019】また、一実施形態のレジストパターン形成方法は、上記レジスト塗布工程において異なる2種類のレジストを順に下層と上層とに分けて塗布し、上記現像工程において上記レジスト膜の上層をウェット現像した後に上記レジスト膜の下層をドライ現像することによって特徴としている。

【0020】上記実施形態のレジストパターン形成方法によれば、2層レジストプロセス技術において、上層のレジストをウェット現像してパターンを形成した後に、下層のレジストをプラズマ等でドライ現像してパターンを形成する。したがって、段差のある基板上でも微細パターンを形成可能な2層レジストプロセス技術を用いて線幅制御性の良好なレジストパターンが得られる。

【0021】また、一実施形態のレジストパターン形成方法は、上記拡散促進化工程において上記基板を上記レジストの溶媒雰囲気下で保持することを特徴としている。

【0022】上記実施形態のレジストパターン形成方法によれば、露光中に失われた溶媒をレジスト中に補充して、露光による生成物の拡散を容易に促進できる。

【0023】また、一実施形態のレジストパターン形成方法は、上記拡散促進化工程において上記基板を水洗するかまたは上記基板を水蒸気雰囲気下で加熱することを特徴としている。

【0024】上記実施形態のレジストパターン形成方法によれば、上記拡散促進化工程において上記基板を水洗することによって、レジスト中に水を浸透させて、露光による生成物の拡散を容易にする。また、上記拡散促進化工程において、上記基板を水蒸気雰囲気下で加熱することによって、レジスト中に水を浸透させて、露光による生成物の拡散を容易に促進できる。

【0025】また、一実施形態のレジストパターン形成方法は、上記残留溶媒除去工程において上記基板を上記レジストの溶媒の沸点以上の温度で加熱することによって特徴としている。

【0026】上記実施形態のレジストパターン形成方法によれば、上記残留溶媒除去工程において上記基板をレジストの溶媒の沸点以上の温度で加熱することによって、レジスト中の残留溶媒を短時間に効率よく除去できる。

【0027】また、一実施形態のレジストパターン形成方法は、上記残留溶媒除去工程において上記基板を減圧

10

20

30

40

50

下で保持することを特徴としている。

【0028】上記実施形態のレジストパターン形成方法によれば、上記残留溶媒除去工程において上記基板を減圧下で保持することによって、残留溶媒がレジスト膜から外部に拡散しやすくなり、レジスト中の残留溶媒を効率よく除去できる。

【0029】また、一実施形態のレジストパターン形成方法は、上記残留溶媒除去工程において上記基板を減圧下で加熱することを特徴としている。

【0030】上記実施形態のレジストパターン形成方法によれば、上記残留溶媒除去工程において上記基板を減圧下で加熱することによって、残留溶媒がレジスト膜から外部に拡散しやすくなり、レジスト中の残留溶媒を効率よく除去できる。

【0031】また、一実施形態のレジストパターン形成方法は、上記露光工程において真空中または乾燥雰囲気下で上記レジスト膜を露光することを特徴としている。

【0032】上記実施形態のレジストパターン形成方法によれば、上記露光工程において真空中または乾燥雰囲気下でレジスト膜を露光することによって、線源からの光(または放射線、電子線など)が減衰する要因を排除でき、必要な露光量を容易に確保できる。

【0033】また、一実施形態のレジストパターン形成方法は、上記レジスト膜が真空中で露光される上記露光工程であって、 10^{-4} Torr以下の真空中で露光することを特徴としている。

【0034】上記実施形態のレジストパターン形成方法によれば、上記レジスト膜を露光するとき、 10^{-4} Torr以下の真空中で露光することによって、線源からの光(または放射線、電子線など)が減衰する要因を排除でき、必要な露光量を容易に確保できる。一方、上記露光工程において 10^{-4} Torrを超える場合は、線源からの光(または放射線、電子線など)が減衰して、必要な露光量を得ることが困難になる。

【0035】また、一実施形態のレジストパターン形成方法は、上記レジスト膜が乾燥雰囲気下で露光される上記露光工程であって、不活性ガスによる乾燥雰囲気下で露光することを特徴としている。

【0036】上記実施形態のレジストパターン形成方法によれば、上記レジスト膜を露光するとき、不活性ガスによる乾燥雰囲気下で露光することによって、線源からの光(または放射線、電子線など)が大気により吸収されるのを防ぎ、減衰を低減できる。

【0037】また、一実施形態のレジストパターン形成方法は、上記基板に塗布するレジストとして、露光後にベークする必要のあるレジストを用いることを特徴としている。

【0038】上記実施形態のレジストパターン形成方法によれば、露光後ベークする前の状態のレジストであれば、レジストの溶媒や水分がレジスト中に浸透しやす

く、浸透した水分により露光による生成物の拡散が容易にできる。

【0039】また、この発明の半導体製造装置は、上記レジストパターン形成方法の拡散促進化工程において、上記基板が保持されたウェハ保持チャンバー内に上記レジストの溶媒を導入する半導体製造装置であって、不活性ガスをキャリアガスとして用いることを特徴としている。

【0040】上記構成の半導体製造装置によれば、上記レジストパターン形成方法の拡散促進化工程において、上記基板が保持されたウェハ保持チャンバー内に、不活性ガスをキャリアガスとして用いてレジストの溶媒を導入するので、簡単な構成でウェハ保持チャンバー内にレジストの溶媒を容易に導入できる。

【0041】また、この発明の半導体製造装置は、上記レジストパターン形成方法の拡散促進化工程において、上記基板が保持されたウェハ保持チャンバー内に上記レジストの溶媒を導入する半導体製造装置であって、上記ウェハ保持チャンバーを真空中にし、上記レジストの溶媒をその溶媒の蒸気圧で上記ウェハ保持チャンバー内に導入した後、上記ウェハ保持チャンバー内を一定圧に保持することを特徴としている。

【0042】上記構成の半導体製造装置によれば、真空状態の上記ウェハ保持チャンバー内に、上記レジストの溶媒をその溶媒の蒸気圧で導入した後、上記ウェハ保持チャンバー内を一定圧に保持することによって、ウェハ保持チャンバー内の圧力調整により溶媒の導入量を調整でき、拡散促進化を高精度に処理できる。

【0043】また、この発明の半導体装置は、上記レジストパターン形成方法を用いて製造されたことを特徴としている。

【0044】上記構成の半導体装置によれば、線幅制御性の良好な高密度レジストパターンを用いることによって、配線抵抗のばらつきを大幅に抑制できると共に、デバイスの特性ばらつきを抑制でき、1000MHzの周波数で高速動作できる。また、電源電圧を0.5Vにすることが可能であり、消費電力を大幅に下げることができる。

【0045】また、この発明の携帯情報端末は、上記半導体装置からなることを特徴としている。

【0046】上記構成の携帯情報端末によれば、上記半導体装置を用いることによって、高速動作、低消費電力が必要な携帯電話等の携帯情報端末を実現することができる。

【0047】

【発明の実施の形態】本出願人は、研究を重ねた結果、真空中(または乾燥雰囲気下)で保持されたウェハ上のレジストが露光される場合、レジスト中の残留溶媒が外に拡散してしまうため、レジストの感度や解像度がウェハ毎に変化してばらつきという問題があり、さらに露光に

よって生成した反応生成物が真空中(または乾燥雰囲気下)に拡散して、露光システムを汚染してしまうという問題があり、そのことから、真空中(または乾燥雰囲気下)の露光においてレジスト性能の安定性を改善するためには、レジスト膜中の残留溶媒および水が、露光中にレジスト膜から出ていかなないようにすることが重要であることを見出した。さらに、真空中に保持された基板において、真空中に拡散してしまった残留溶媒および水を、露光後にレジスト膜に補充することが線幅の制御性向上に有効であることを見出した。

【0048】以下、この発明のレジストパターン形成方法および半導体製造装置および半導体装置および携帯情報端末を図示の実施の形態により詳細に説明する。ただし、当然のことながら、この発明は以下の実施形態に限定されるものではない。

【0049】(第1実施形態)図1はこの発明の第1実施形態のレジストパターン形成方法のプロセスフローを示している。この第1実施形態では、予め200℃で脱水ベーク後にHMDS(ヘキサメチルジシラザン)蒸気で温度25℃で表面処理を施したシリコンウェハを用い

る。
【0050】まず、レジスト塗布工程S1において、上記シリコンウェハ上に、化学増幅系ポジ型レジストTDUR-P015(東京応化工業株式会社製)を5000rpmで回転塗布する。このとき、レジストは、シリコンウェハ上に限らず、半導体製造工程で必要である基板上に塗布するものである。この半導体製造工程で必要とされる基板上としては、例えば、シリコン酸化膜上、シリコン窒化膜上、窒化チタン膜上、アルミニウム膜上、銅膜上等がある。また、レジストは、化学増幅系ポジ型レジストTDUR-P015に限らず、次工程のエッチングや注入等に耐え得るものであればよい。

【0051】その後、プリベーク(塗布後ベーク)工程S2において、レジストが塗布されたシリコンウェハを90℃で60秒プリベークし、200nm膜厚のレジスト膜を形成する。このプリベークは90℃程度が適しているが、80℃から130℃位でも可能である。また、レジスト膜厚についても、100nmから2000nmまで可能であり、次工程のエッチングや注入等に耐え得る膜厚であればよい。

【0052】次に、露光工程S3において、レジスト膜が形成されたシリコンウェハを露光チャンバー内(真空度 10^{-5} Torr)に導入して、極端紫外光(13nm)を用いた縮小反射露光システム(開口数NA:0.1、縮小率1/5)により、マスクを介してシリコンウェハ上のレジスト膜に露光量 $5\text{mJ}/\text{cm}^2$ で露光を行う。このときの露光量については、レジストの種類、パターン形状に依存して変化する。

【0053】図4は上記縮小反射露光システムの概略構成図を示しており、1はシリコンウェハ、2はマスク、

3は第1ミラー、4は第2ミラー、5は第3ミラー、6はEUV(極端紫外)光、7は真空チャンバーである。この縮小反射露光システムは、EUV光6が真空チャンバー7に入射され、マスク2を照明する。上記マスク2で、EUV光6が反射され、マスク2のパターン情報が反映されたEUV光6に反映される。そして、反射されたEUV光6は、第1ミラー3、第2ミラー4、第3ミラー5で反射を繰り返し、マスク2のパターン情報が縮小されてシリコンウェハ上のレジスト膜を露光する。

10 【0054】次に、拡散促進化工程S4において、レジスト溶媒であるPEGMEA(プロピレングリコールモノメチルエーテルアセテート)蒸気を飽和させた雰囲気中でホットプレート上にシリコンウェハを保持して、25℃で60秒間、溶媒蒸気処理を行う。ここでは、PEGMEA蒸気で処理を行ったが、露光によって生成した反応物を拡散させるのに効果がある有機溶剤蒸気で処理を行っても同様の効果が得られる。有機溶剤としては、例えば、メチルアルコール、エチルアルコール、n-プロピルアルコール、イソプロピルアルコール、アセトン、N-メチルピロリドン、エチルセルソルブアセテート、乳酸エチル、酢酸エチル、酢酸メチル、酢酸ブチル等の溶剤から選んでもよいし、これらの混合物でもよい。有機系の溶剤を拡散促進化工程に使う場合、レジスト中への溶媒の拡散が容易であり、短時間で効果が現れる。

30 【0055】なお、上記拡散促進化工程S4は、図9に示す半導体製造装置としての溶媒拡散装置で処理する。図9において、101はシリコンウェハ、108はウェハ支持ピン、109はホットプレート、110は分散板、111はチャンバー、112は気化溶媒導入口、113は溶媒としてのPEGMEA、114はキャリアガス導入口、115はPEGMEAの液面、118は容器である。

40 【0056】上記チャンバー112内のホットプレート109上にウェハ支持ピン108によりシリコンウェハ101を保持し、PEGMEAの液を容器118に用意し、窒素ガスをキャリアガスに用いて容器118内のPEGMEAをバブリングして気化させ、気化したPEGMEAを気化溶媒導入口112を介してチャンバー112内に導入する。このとき、シリコンウェハ101を均一にPEGMEAで処理するために、分散板110を導入した。この溶媒拡散装置では、PEGMEAを運ぶキャリアガスとして窒素を用いたが、ヘリウム等の不活性ガスであれば、使用可能である。また、上記溶媒拡散装置では、ウェハ支持ピン108でシリコンウェハ101を支持することで、ホットプレート109からの熱を均一にシリコンウェハ101に伝達でき、シリコンウェハ101の温度ばらつきを $\pm 0.1^\circ\text{C}$ 以下に抑えることができる。上記図9に示す溶媒拡散装置は安価に製造することができる。

【0057】また、図10に示す別の半導体製造装置としての溶媒拡散装置を用いて、拡散促進化工程を処理することも可能である。図10において、201はシリコンウェハ、208はウェハ支持ピン、209はホットプレート、210は分散板、211はチャンバー、212は気化溶媒導入口、213は溶媒としてのPEGMEA、215はPEGMEAの液面、216A、216Bはバルブ、217は圧力計、218は容器である。

【0058】上記チャンバー211内のホットプレート209上にウェハ支持ピン208によりシリコンウェハ201を保持し、PEGMEAの液を容器218に用意する。そして、上記バルブ216Bを開いて、チャンバー211内を真空ポンプ(図示せず)で1 Torr以下に真空引きした後、真空引きを止めて、PEGMEA液の容器218とチャンバー211間のバルブ216Aを開き、PEGMEAの蒸気圧を利用して、チャンバー211内にPEGMEAを導入する。そのとき、圧力計217によりチャンバー211の圧力を監視して、PEGMEAの導入量を調整する。PEGMEA液の容器218を加熱することで、PEGMEAの蒸気圧を高くでき、20 導入量を多くできる。この第1実施形態では、PEGMEAを25℃にして、60秒間30 Torrの圧力にチ*

線幅0.1 μmのウェハ面内のばらつき	: 線幅の±5%以下
線幅0.1 μmのウェハ間のばらつき	: 線幅の±5%以下
線幅0.2 μmのウェハ面内のばらつき	: 線幅の±3%以下
線幅0.2 μmのウェハ間のばらつき	: 線幅の±3%以下
コンタクトホール径0.15 μmのウェハ面内のばらつき	: 径の±5%以下
コンタクトホール径0.15 μmのウェハ間のばらつき	: 径の±5%以下

となった。ここで、例えば、ウェハ内の線幅0.1 μmのウェハ面内ばらつきが線幅の±5%以下とは、0.095 μmから0.105 μmまでの範囲であることを示す。

※

線幅0.1 μmのウェハ面内のばらつき	: 線幅の±15%
線幅0.1 μmのウェハ間のばらつき	: 線幅の±15%
線幅0.2 μmのウェハ面内のばらつき	: 線幅の±10%
線幅0.2 μmのウェハ間のばらつき	: 線幅の±10%
コンタクトホール径0.15 μmのウェハ面内のばらつき	: 径の±15%
コンタクトホール径0.15 μmのウェハ間のばらつき	: 径の±15%

であった。

【0063】このように、上記露光工程後の拡散促進化工程においてレジスト膜中の露光による生成物の拡散を促進して、レジスト性能の安定性が向上することによって、シリコンウェハ面内および複数のウェハ間の線幅のばらつきを抑制して、線幅制御性の良好な高密度レジストパターンを形成することができる。

【0064】(第2実施形態)図2はこの発明の第2実施形態のレジストパターン形成方法のプロセスフローを示している。この第2実施形態のレジストパターン形成方法は、後述する残留溶媒除去工程を除いて第1実施形態のレジストパターン形成方法の工程S1～S6と同一

* チャンバー211を保持して、処理を行う。図10に示す溶媒拡散装置では、高精度な処理が可能である。

【0059】次に、露光後ベーク工程S5で、上記処理後のシリコンウェハに露光後ベーク(PEB: Post Exposure Bake)を110℃で90秒行う。このとき、露光後ベークは100～140℃位は可能であるが、それに伴って露光量も大きく左右される。

【0060】さらに、現像工程S6で、60秒間、TM AH(テトラメチルアンモニウムハイドロオキサイド)2.38%水溶液NMD-3(東京応化工業株式会社製)でレジスト膜を現像し、100℃で60秒ポストベークを行う。このとき、ポストベークは、80℃～120℃位は可能である。また、現像工程S6に用いる現像液についても、化学増幅系ポジ型レジストを現像できるものであればよい。

【0061】この第1実施形態のレジストパターン形成方法により形成されたレジストパターンについて、測長SEM(走査型電子顕微鏡)を用いて、ウェハ面内の全面で25点の線幅を測定すると共に、50枚のウェハからランダムに10枚を抜き取って、夫々の線幅を測定した結果、

※【0062】これに対して、拡散促進化工程を行わずにその他の工程は第1実施形態と全く同じ工程を進めてパターン形成を行った結果、

の工程である。

【0065】この第2実施形態では、第1実施形態に示すプロセスフローにおいて、プリベーク工程S2の後、かつ、露光工程S3の前に、レジスト膜が形成されたシリコンウェハをホットプレートで、レジスト溶媒(PEGMEA)の沸点(146℃)以上の温度150℃で60秒間、大気圧下で加熱する残留溶媒除去工程S11を行う。このとき、プリベーク工程S2を省略しても、同様の効果が得られる。

【0066】この残留溶媒除去工程S11を行った結果、レジスト膜中の残留溶媒は0.75重量%になった。なお、残留溶媒量の測定は、レジスト塗布後のシリ

コンウェハの重量からレジスト塗布前のシリコンウェハの重量を差し引いて、塗布されたレジスト重量を求め、さらに、レジスト膜の膜厚と塗布されたウェハサイズから、塗布されたレジストの体積を計算し、レジスト密度とレジスト体積をかけて、残留溶媒が全く無い場合のレジスト膜の重量を算出し、算出されたレジスト膜の重量を実際に測定したレジスト重量から差し引いて、残留溶媒量を求めた。

【0067】このレジストの残留溶媒量は図5、図6に示すような特性を示している。図5はプリベーク時間を60秒とした場合のプリベーク温度と残留溶媒量との関係を示している。また、図6はプリベーク温度を60℃とした場合のプリベーク温度と残留溶媒量との関係を示している。図5に示すように、プリベーク温度が高くなるほど残留溶媒量は少なくなり、約110℃を越えると、残留溶媒量は一定値に収束していく。また、図6に示すように、プリベーク時間が長くなるほど残留溶媒量は少なくなり、約200℃を越えると、残留溶媒量は一定値に収束していく。

【0068】プリベーク工程S2の後、かつ、露光工程S3の前に、レジスト塗布後のシリコンウェハをホットプレートによりレジスト溶媒の沸点以上の温度で加熱する残留溶媒除去工程S11において、PEGMEAの沸点(146℃)以上の温度で加熱したが、減圧下であれば、加熱温度は低くても、十分に残留溶媒を減らすことができる。例えば、1 Torrの減圧下で90℃、60秒の条件でも、残留溶媒を0.7重量%にすることが可能である。

【0069】上記残留溶媒除去工程S11の処理を行った後、第1実施形態と同様に露光工程S3～現像工程S6を進めることで、第1実施形態のレジストパターン形成方法と同様の線幅制御性が得られる。

【0070】このように、露光工程S3の前に残留溶媒除去工程S11によって予めレジスト中の残留溶媒を除去することによって、レジストの感度を均一化でき、ウェハ面内、ウェハ間の線幅制御性の良好な高密度レジストパターンを形成することができる。

【0071】(第3実施形態)図3はこの発明の第3実施形態のレジストパターン形成方法のプロセスフローを示している。この第3実施形態では、予め200℃で脱水ベーク後にHMDS(ヘキサメチルジシラザン)蒸気で温度25℃で表面処理を施したシリコンウェハを用いる。

【0072】まず、レジスト塗布工程S21において、上記シリコンウェハ上に、化学増幅系ポジ型レジストTDUR-P015(東京応化工業株式会社製)を5000rpmで回転塗布する。

【0073】その後、プリベーク工程S22において、塗布後ベークを90℃で60秒行い、200nm膜厚のレジスト膜を形成する。

【0074】次に、残留溶媒拡散防止膜形成工程S23で、レジスト膜が形成されたシリコンウェハに、膜厚50nmの残留溶媒拡散防止膜用の溶液を回転塗布し、塗布後ベークを90℃で60秒行って残留溶媒拡散防止膜を形成する。この残留溶媒拡散防止膜用の溶液は、低沸点の溶媒にポリマーを溶解した溶液であり、このような溶液としては、例えば、エチルアルコールにポリビニルアルコールを溶解した溶液がある。好ましくは、残留溶媒拡散防止膜に使用するポリマーは、後の現像工程において、現像液で剥離できるものであればよい。

【0075】次に、露光工程S24で、残留溶媒拡散防止膜が形成されたシリコンウェハを露光チャンバー内(真空度 10^{-1} Torr)に導入して、図4に示す極端紫外光(13nm)を用いた縮小反射露光システム(開口数NA:0.1、縮小率1/5)により、マスクを介してシリコンウェハ上のレジスト膜に露光量 7 mJ/cm^2 で露光を行う。

【0076】次に、露光後ベーク工程S25において、露光後のシリコンウェハに露光後ベーク(PEB)を110℃で90秒行う。

【0077】さらに、現像工程S26において、60秒間、TMAH(テトラメチルアンモニウムハイドロキシド)2.38%水溶液NMD-3(東京応化工業株式会社製)でレジスト膜を現像し、100℃で60秒ポストベークを行う。

【0078】この結果、第1実施形態のレジストパターン形成方法と同様の線幅制御性が得られる。

【0079】また、上記露光工程S24の前の残留溶媒拡散防止膜形成工程S23においてレジスト上に残留溶媒拡散防止膜を形成することによって、露光中の残留溶媒および露光による生成物が真空中に拡散して露光システムが汚染されるのを防止することができる。

【0080】(第4実施形態)この発明の第4実施形態のレジストパターン形成方法は、レジストと現像工程を除いて第1実施形態のレジストパターン形成方法と同一の工程をしており、図1を援用する。この第4実施形態のレジストパターン形成方法では、レジストにシリル化用レジストを用い、シリル化とドライ現像を行う。また、この第4実施形態では、予め200℃で脱水ベーク後HMDS(ヘキサメチルジシラザン)蒸気で温度25℃で表面処理を施したシリコンウェハを用いる。

【0081】まず、レジスト塗布工程S1において、上記シリコンウェハ上に、シリル化用レジストNTS-4(住友化学工業株式会社製)を3000rpmで回転塗布する。このとき、レジストは、シリコンウェハ上に限らず、半導体製造工程で必要である基板上に塗布するものである。半導体製造工程で必要とされる基板上としては、例えば、シリコン酸化膜上、シリコン窒化膜上、窒化チタン膜上、アルミニウム膜上、銅膜上などがある。

【0082】その後、プリベーク(塗布後ベーク)工程S

2において、レジストが塗布されたシリコンウェハを90℃で60秒プリベークを行い、400nm膜厚のレジスト膜を形成する。プリベークは、80℃から130℃位でも可能である。また、形成されるレジスト膜厚についても、200nmから2000nmまで可能であり、次工程のエッチングや注入等に耐え得るものであればよい。

【0083】次に、露光工程S3において、レジスト膜が形成されたシリコンウェハを露光チャンパー内(真空度 10^{-3} Torr)に導入して、図4に示す極端紫外光(13nm)を用いた縮小反射露光システム(開口数NA:0.1、縮小率1/5)により、マスクを介してシリコンウェハ上のレジスト膜に露光量 $5\text{mJ}/\text{cm}^2$ で露光を行う。このときの露光量は、レジストの種類、パターン形状に応じて適宜調整する。

【0084】その後、拡散促進化工程S4において、レジスト溶媒であるPEGMEA(プロピレングリコールモノメチルエーテルアセテート)蒸気を飽和させた雰囲気中において、ホットプレート上にシリコンウェハを保持して、25℃で60秒、溶媒蒸気処理を行う。ここでは、PEGMEA蒸気で処理を行ったが、露光によって生成した反応物を拡散させるのに効果がある有機溶剤蒸気で処理を行っても同様の効果が得られる。例えば、有機溶剤としては、メチルアルコール、エチルアルコール、n-プロピルアルコール、イソプロピルアルコール、アセトン、N-メチルピロリドン、エチルセルソルブアセテート、乳酸エチル、酢酸エチル、酢酸メチル、酢酸ブチル等の溶剤から選んでもよいし、これらの混合物でもよい。

【0085】次に、露光後ベーク工程S5において、上記処理後のシリコンウェハに露光後ベーク(PEB)を110℃で90秒行う。このとき、露光後ベークも100~140℃位は可能であるが、それに伴って露光量も大きく左右される。

*

線幅0.1μmのウェハ面内のばらつき	: 線幅の±5%以下
線幅0.1μmのウェハ間のばらつき	: 線幅の±5%以下
線幅0.2μmのウェハ面内のばらつき	: 線幅の±3%以下
線幅0.2μmのウェハ間のばらつき	: 線幅の±3%以下
コンタクトホール径0.15μmのウェハ面内のばらつき	: 径の±5%以下
コンタクトホール径0.15μmのウェハ間のばらつき	: 径の±5%以下

となった。

【0089】これに対して、拡散促進化工程を行わずに※

線幅0.1μmのウェハ面内のばらつき	: 線幅の±15%
線幅0.1μmのウェハ間のばらつき	: 線幅の±15%
線幅0.2μmのウェハ面内のばらつき	: 線幅の±10%
線幅0.2μmのウェハ間のばらつき	: 線幅の±10%
コンタクトホール径0.15μmのウェハ面内のばらつき	: 径の±15%
コンタクトホール径0.15μmのウェハ間のばらつき	: 径の±15%

であった。

【0090】このように、シリコンウェハ内の線幅のば

*【0086】さらに、シリル化工程(図示せず)において、シリル化剤としてジメチルアミノジメチルシラン(DMADMS)を用いシリル化を行う。このシリル化は、ラム・リサーチ社製のシリル化チャンパー内で行い、そのシリル化条件は、シリル化剤の圧力30Torr、チャンパー温度80℃、時間60秒である。2μm平方の面積で膜厚100nmのシリル化層を形成する。このときのシリル化層の膜厚は、レジストの種類、シリル化条件に大きく依存する。また、形成されるシリル化層の膜厚は、50~150nmが最適であり、シリル化条件によって、膜厚は任意に形成できる。なお、この第4実施形態では、シリル化剤としてジメチルアミノジメチルシラン(DMADMS)を用いたが、他にジエチルアミノジメチルシランやジメチルアミノトリメチルシラン等も同様に使用できる。

【0087】次に、ドライ現像工程(図示せず)において、TCP(トランスファー・カップルド・プラズマ(誘導結合型プラズマ))処理装置TCP9400(ラム・リサーチ社製)を使って、レジスト膜をドライ現像し、レジストパターンを形成する。このときのドライ現像条件は、

TCPパワー	: 500W
基板バイアスパワー	: 100W
圧力	: 5mTorr
ガス流量	: 酸素ガス130sccm
二酸化硫黄	: 30sccm
オーバエッチング量	: 50% (終点検出器を使用)で行う。

【0088】この第4実施形態のレジストパターン形成方法により形成されたレジストパターンについて、測長SEM(走査型電子顕微鏡)を用いて、ウェハ面内の全面で25点の線幅を測定すると共に、50枚のウェハからランダムに10枚を抜き取って、夫々の線幅を測定した結果、

※その他の工程は第1実施形態と全く同じで工程を進めてパターン形成を行った結果、

線幅0.1μmのウェハ面内のばらつき	: 線幅の±15%
線幅0.1μmのウェハ間のばらつき	: 線幅の±15%
線幅0.2μmのウェハ面内のばらつき	: 線幅の±10%
線幅0.2μmのウェハ間のばらつき	: 線幅の±10%
コンタクトホール径0.15μmのウェハ面内のばらつき	: 径の±15%
コンタクトホール径0.15μmのウェハ間のばらつき	: 径の±15%

らつきを抑制することができる。

【0091】また、上記露光後ベーク工程S5後かつ現

像工程前にシリル化工程によって、レジスト膜の感光した領域をシリル化し、他の領域をドライ現像により除去することによって、線幅制御性の良好なレジストパターンを得ることができる。

【0092】(第5実施形態)この発明の第5実施形態のレジストパターン形成方法は、レジストと残留溶媒拡散防止膜を除去する工程および現像工程を除いて第3実施形態のレジストパターン形成方法と同一の工程をしており、図3を援用する。この第4実施形態のレジストパターン形成方法では、レジストにシリル化用レジストを用い、残留溶媒拡散防止膜を除去した後、シリル化およびドライ現像を行う。また、この第5実施形態では、予め200℃で脱水ベーク後にHMDS(ヘキサメチルジシラザン)蒸気で温度25℃で表面処理を施したシリコンウェハを用いる。

【0093】まず、レジスト塗布工程S21において、上記シリコンウェハ上に、シリル化用レジストNTS-4(住友化学工業株式会社製)を3000rpmで回転塗布する。

【0094】その後、プリベーク(塗布後ベーク)工程S22において、レジストが塗布されたシリコンウェハに90℃で60秒プリベークを行い、400nm膜厚のレジスト膜を形成する。

【0095】次に、残留溶媒拡散防止膜形成工程S23で、レジストが形成されたシリコンウェハに、膜厚50nmの残留溶媒拡散防止膜用の溶液を回転塗布し、塗布後ベークを90℃で60秒行い、残留溶媒拡散防止膜を形成する。この残留溶媒拡散防止膜用の溶液は、低沸点の溶媒にポリマーを溶解した溶液であり、このような溶液としては、例えば、エチルアルコールにポリビニルアルコールを溶解した溶液がある。好ましくは、残留溶媒拡散防止膜に使用するポリマーは、後の現像工程において、現像液で剥離できるものであればよい。また、残留溶媒拡散防止膜の膜厚は、10nm~200nmが適用可能である。

【0096】次に、露光工程S24において、残留溶媒拡散防止膜が形成されたシリコンウェハを露光チャンパー内(真空度 10^{-1} Torr)に導入して、図4に示す極端紫外光(13nm)を用いた縮小反射露光システム(開口数NA:0.1、縮小率1/5)により、マスクを介してシリコンウェハ上のレジスト膜に露光量 $7\text{mJ}/\text{cm}^2$ で露光を行う。

【0097】次に、露光後ベーク工程S25において、露光後のシリコンウェハに露光後ベーク(PEB)を110℃で90秒行う。

【0098】次に、残留溶媒拡散防止膜を除去する工程(図示せず)において、露光後のシリコンウェハを、純水を用いて残留溶媒拡散防止膜を剥離して除去する。この剥離処理は、24℃で60秒間、シリコンウェハに純水をかけながら500rpmで回転させて、その後、30

00rpmで純水をかけずに回転させて、シリコンウェハを乾燥させる。

【0099】さらに、第4実施形態と同様のシリル化工程とドライ現像工程を行ってレジストパターンを得る。

【0100】この結果、第4実施形態のレジストパターン形成方法と同様の線幅制御性が得られる。

【0101】上記露光後ベーク工程S25の後に拡散防止膜除去工程において拡散防止膜を除去し、その後、現像工程前にシリル化工程によって、レジスト膜の感光した領域をシリル化し、他の領域をドライ現像により除去することによって、線幅制御性の良好なレジストパターンを得ることができる。

【0102】(第6実施形態)この発明の第6実施形態のレジストパターン形成方法では、第1実施形態に示すプロセスフローにおいて、露光後のPEGMEA蒸気処理の代わりに、純水処理を行うものである。この純水処理は、24℃で60秒間、シリコンウェハに純水をかけながら500rpmで回転させて行う。その後、露光後ベークを行い、レジスト膜を現像して、レジストパターンを形成する。純水を用いた場合は、通常の現像工程において、純水を使っているため、容易に装置を使える。

【0103】上記純水処理の代わりに、水蒸気処理を行っても、同様の効果を得られる。この水蒸気処理は、100℃でチャンパー内に水蒸気を入れて、そこにシリコンウェハを60秒間保持することで行う。

【0104】以下、第1実施形態のレジストパターン形成方法と同様に露光後の工程を進めることで、第1実施形態と同様の線幅の制御性を得ることができる。

【0105】このように、上記拡散促進化工程において基板を水洗することによって、レジスト中に水を浸透させて、露光による生成物の拡散を容易に促進することができ、また、基板を水蒸気雰囲気下で加熱することによって、レジスト中に水を浸透させて、露光による生成物の拡散を容易に促進することができる。

【0106】(第7実施形態)この発明の第7実施形態は、第1~第6実施形態のうちのいずれか1つのレジストパターン形成方法を用いたデバイス(半導体装置)であり、特に、デバイス特性上重要なゲート加工について以下に説明する。

【0107】まず、素子分離工程後のシリコン基板を1.5nm酸化して、シリコン基板上にゲート酸化膜を形成する。その上に、ポリシリコン膜をCVD法で200nm堆積する。

【0108】次に、第1~第6実施形態のうちのいずれか1つのレジストパターン形成方法で、ポリシリコン膜上にレジストパターンを形成する。そうすることによって、200nmのレジスト膜厚で、線幅100nmにおいてシリコンウェハ面内の線幅ばらつきを±5%以下に抑制することができた。

【0109】次に、このレジストパターンをマスクに下

地のポリシリコンをドライエッチングして、マスク通りにポリシリコンゲートを加工する。そのときの線幅ばらつきは、線幅100nmでシリコンウェハ面内で±5%以下に抑制することができた。また、レジストパターンは、極端紫外光(13nm)を用いた縮小反射露光システム(開口数NA:0.1、縮小率1/5)により、60nmまで加工可能である。さらに、この縮小反射露光システムの開口数NAを0.2に上げることで、線幅30nmまで加工可能である。

【0110】上記レジストパターン形成方法により製造したデバイスは、100nm以下のゲート長であり、さらに、ゲート長のばらつきを5%以下に抑えることで、個々のデバイスの特性ばらつきを抑制でき、1000MHzの周波数で高速動作することが可能であると共に、電源電圧を0.5Vにすることが可能であり、消費電力を大幅に下げることができる。このようなデバイスは、高速動作、低消費電力が必要な携帯電話等の携帯情報端末に適用することができる。

【0111】(第8実施形態)この発明の第8実施形態は、第1～第6実施形態のうちのいずれか1つのレジストパターン形成方法を用いたデバイスであり、特に、デバイス特性上重要なコンタクトホール加工およびスルーホール加工について説明する。

【0112】まず、ゲート加工後のシリコン基板上で、層間絶縁膜を500nm堆積する。この層間絶縁膜としては、BPSG(ホウ素・リン・シリケート・ガラス)、フッ素ドーパシリコン酸化膜等のシリコン酸化膜、ポリイミド等の有機膜がある。

【0113】次に、第1～第6実施形態のうちのいずれか1つレジストパターン形成方法で、層間絶縁膜上にレジストパターンを形成する。そうすることによって、コンタクトホール加工用のレジストパターンの径が100nmの場合で、ホール径のばらつきを5%以下に抑えることができた。

【0114】次に、上記コンタクトホール加工用のレジストパターンをマスクにして、ドライエッチングにより層間絶縁膜を加工し、100nmのホールを形成し、さらに、そのホールに銅を埋め込んで、さらにその上に配線加工用のレジストパターンを第1～第6実施形態のうちのいずれか1つのレジストパターン形成方法で形成する。その線幅は100nmで、ばらつきは5%以下である。上記配線加工用のレジストパターンをマスクに下地の銅を加工する。さらに、層間絶縁膜を堆積して、以下同様に繰り返すことで、多層配線を形成することが可能となる。

【0115】上記レジストパターン形成方法により製造したデバイスは、多層配線が10層以上可能で、その配線抵抗のばらつきを5%以下に抑制できる。また、個々のデバイスの特性ばらつきを抑制でき、1000MHzの周波数で高速動作することが可能であると共に、その

電源電圧を0.5Vにすることが可能であり、消費電力を大幅に下げることができる。このようなデバイスは、高速動作、低消費電力が必要な携帯電話等の携帯情報端末に適用することができる。

【0116】上記第1～第8実施形態では、露光法として極端紫外光(波長13nm)露光法を用いたレジストパターン形成方法について説明したが、

(1) 電子線を用いた露光方法(例えば、SCALPEL(Scattering Angular Limited Projection Electron-beam Lithography)法、ブランピングアパーチャレイ(Blancking Aperture Array)法、部分一括露光法、可変成形露光法、ポイントビーム露光方法)

(2) イオンプロジェクションリソグラフィ等の真空中でイオン線を用いた露光方法

(3) F₂エキシマレーザー(157nm)、ArFエキシマレーザー(193nm)、KrFエキシマレーザー(248nm)、Arダイマーエキシマレーザー光(121nm)の波長を用いた乾燥雰囲気下の露光方法

等でも同じように適用できる。また、極端紫外光は3～15nmでもよく、X線を用いてもよい。ここで、真空中の露光方法では、その真空度が10⁻⁴Torr以下の真空であるとより効果的であり、10⁻⁴Torrを超える場合は、光や電子線が減衰しすぎて有効な露光ができなくなる。また、乾燥雰囲気下の露光方法では、不活性ガスでバージしながら露光するのが、線源からの光(または放射線および電子線など)の減衰を抑えるのに有効的であり、その不活性ガスとして窒素、He等の不活性ガスを使用する。

【0117】また、上記第1～第8実施形態では、ポジ型化学増幅レジストを用いていたが、露光後にベークを行う必要のあるレジスト(ネガ型化学増幅レジスト、表層イメージング用レジスト、ジアゾナフトキノン/ノボラック系レジスト等)であれば同様の効果がある。

【0118】

【発明の効果】以上より明らかなように、この発明のレジストパターン形成方法によれば、真空中または乾燥雰囲気下で露光によりレジストパターンを形成するとき、シリコンウェハ面内、シリコンウェハ間の線幅制御性の良好なレジストパターンを形成することができる。

【0119】また、この発明の半導体製造装置によれば、上記レジストパターン形成方法の拡散促進化工程において、基板が保持されたウェハ保持チャンバー内に、不活性ガスをキャリアガスとして用いてレジストの溶媒を導入するので、簡単な構成でウェハ保持チャンバー内にレジストの溶媒を容易に導入することができる。

【0120】また、真空状態のウェハ保持チャンバー内に、レジストの溶媒をその溶媒の蒸気圧で導入した後、上記ウェハ保持チャンバー内の圧力を調整することによって、溶媒の導入量を調整でき、拡散促進化を高精度に処理可能な半導体製造装置を実現することができる。

【0121】また、この発明の半導体装置によれば、上記レジストパターン形成方法を用いて製造することによって、多層配線が10層以上可能で、その配線抵抗のばらつきを大幅に抑制できると共に、デバイスの特性ばらつきを抑制でき、1000MHzの周波数で高速動作で動作可能となると共に、電源電圧0.5Vで動作可能となり、消費電力を大幅に下げることができる。

【0122】また、この発明の携帯情報端末は、上記半導体装置を用いることによって、高速動作で低消費電力の携帯情報端末(携帯電話等)を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 図1はこの発明の第1実施形態のレジストパターン形成方法のプロセスフローである。

【図2】 図2はこの発明の第2実施形態のレジストパターン形成方法のプロセスフローである。

【図3】 図3はこの発明の第3実施形態のレジストパターン形成方法のプロセスフローである。

【図4】 図4は極端紫外光を用いた縮小反射露光システム概略図である。

【図5】 図5はレジスト中の残留溶媒量とプリベーク 20 温度の関係を示す図である。

【図6】 図6はレジスト中の残留溶媒量とプリベーク時間の関係を示す図である。

【図7】 図7は真空中の放置時間と感度の関係を示す*

*図である。

【図8】 図8は真空度と感度の関係を示す図である。

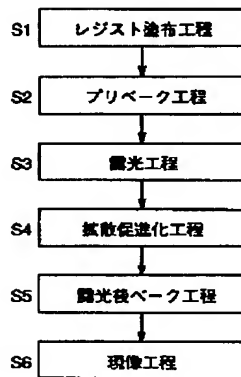
【図9】 図9は溶媒拡散装置の概略構成図である。

【図10】 図10は他の溶媒拡散装置の概略構成図である。

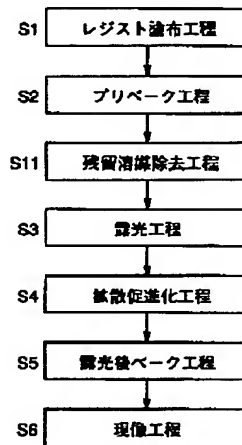
【符号の説明】

1,101,201…シリコンウェハ、
2…マスク、
3…第1ミラー、
4…第2ミラー、
5…第3ミラー、
6…EUV(極端紫外)光、
7…真空チャンバー、
8,108,208…ウェハ支持ピン、
9,109,209…ホットプレート、
110,210…分散板、
111,211…チャンバー、
112,212…気化溶媒導入口、
113,213…PEGMEA、
114…キャリアガス導入口、
115,215…液面、
216A,216B…バルブ、
217…圧力計。

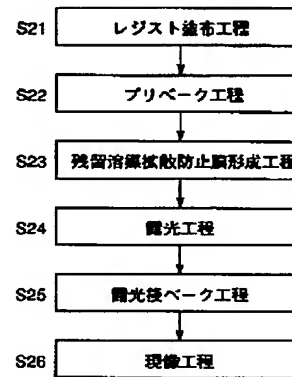
【図1】



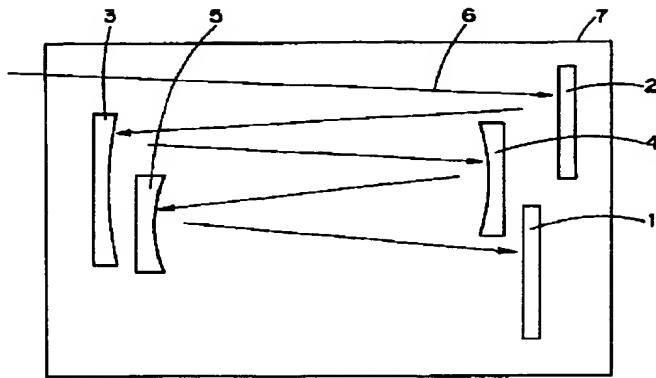
【図2】



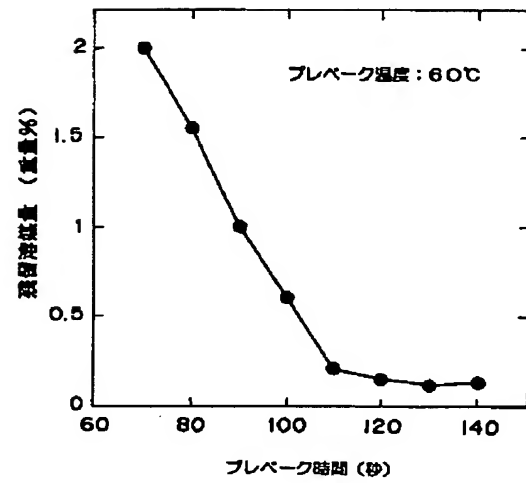
【図3】



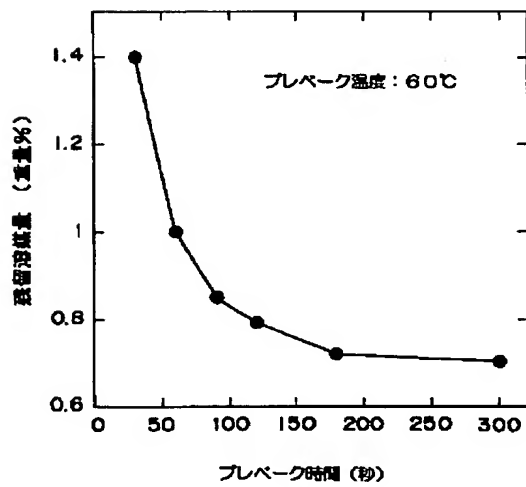
【図4】



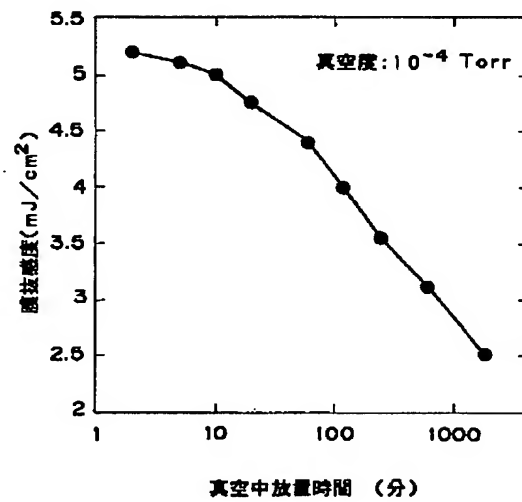
【図5】



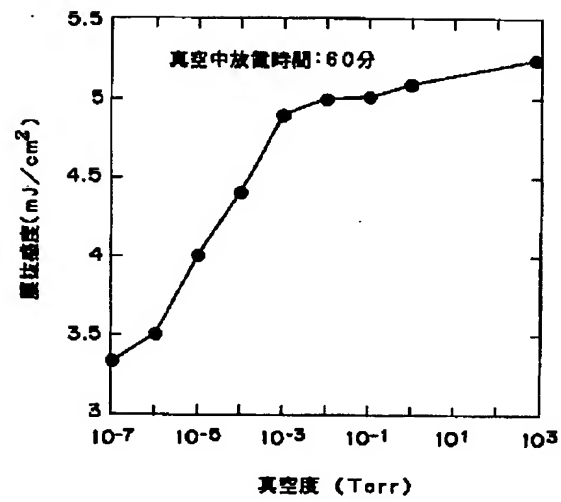
【図6】



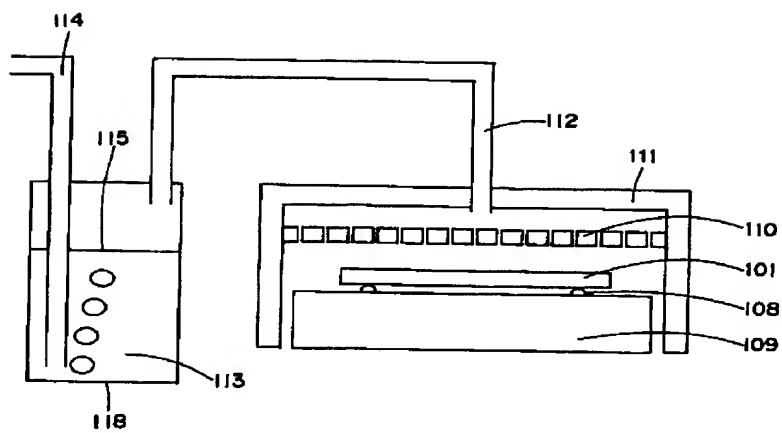
【図7】



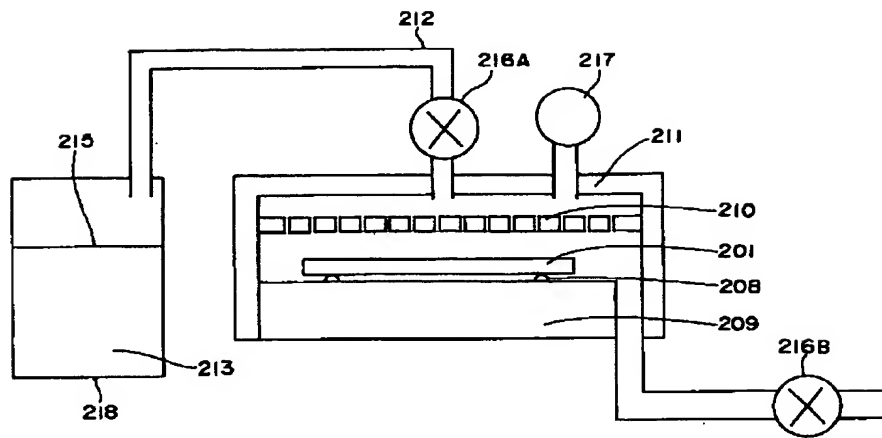
【図8】



【図9】



【図10】



THIS PAGE BLANK (USPTO)